Aus dem Hygienischen Institut der Königlichen Universität Berlin.
(Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Rubner.)

Über qualitativen und quantitativen Protozoennachweis im Berliner Leitungswasser.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT
ZU BERLIN.

Von

Alfred Jacoby
Arzt aus Peru.

Tag der Promotion: 28. Januar 1910.

Berlin 1909.
Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Linienstraße 158.

83

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. **Rubner.**

Meinen lieben Geschwistern

gewidmet.

Der Verfasser.

Das Studium der biologischen Eigenschaften der im Wasser vorkommenden tierischen Mikroorganismen hat einige in hygienischer Hinsicht sehr interessante Resultate geliefert. Von letzteren seien einleitend einige erwähnt.

Vorausschicken möchte Verfasser, daß dies Studium noch einer weiteren Vertiefung bedarf, bevor man zu Schlüssen von praktisch-hygienischer Bedeutung kommen könnte.

So haben Marsson und Kolkwitz[1]) gefunden, daß gewisse mikroskopische Lebewesen, darunter zahlreiche tierische Mikroorganismen, nur bei einem gewissen Verunreinigungsgrad des Wassers gedeihen können. Ihre Beobachtungen erstreckten sich hauptsächlich auf die See-, Fluß- und Abwässerbeurteilung.

Sie teilten jene Lebewesen in Oligo-, Meso- und Polysaproben ein und verzeichneten das Vorkommen be-

---

[1]) Kolkwitz und Marsson: Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Bericht der Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Berlin, 1902, Heft 1 ff.

sagter Arten in diesbezüglichen Tabellen. Und da lag denn der Gedanke nahe, im Vergleich solcher Tabellenanlagen mit jeweiligen Wasserproben ein Kriterium der Wasserbeurteilung aufzustellen, zumal diese Methode den Vorzug der Kürze beanspruchen darf. In der Tat hat diese Idee die Probe auf praktische Durchführbarkeit teilweise bestanden.

Ferner fand Emmerich[2]), daß Bodonen Typhusbazillen aufnehmen und verdauen können. Diese Beobachtung wird von Fehrs[3]), Huntemüller[4]) und anderen Autoren bestätigt.

Stockvis[5]) geht in seinen Untersuchungen noch weiter und spricht dieser Flagellatenart eine wasserreinigende Wirkung bezüglich des allgemeinen Bakteriengehaltes zu. — Emmerich und Stockvis wenden annähernd das gleiche Versuchsverfahren an. Dasselbe ist etwa folgendes:

Zwei Kolben werden sterilisiert. Der eine wird mit protozoenhaltigem, der andere mit protozoenfreiem Wasser

---

[2]) Prof. Dr. R. Emmerich: Über Beurteilung des Wassers vom bakteriologischen Standpunkte. Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, Bd. 8, S. 77.

[3]) Fehrs: Wasserbeeinflussung der Keime durch Protozoen. Hygienische Rundschau, S. 113—121.

[4]) Huntemüller: Wasserbakterienvernichtung durch Protozoen. Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, S. 679.

[5]) Stockvis: Protozoen und Selbstreiniguug. Hygienische Rundschau, Bd. 71, Heft 1.

beschickt. Nach beiderseitigem Zusatz von Bakterien werden die Kolben unter günstige äußere Bedingungen gestellt.

Nach einigen Tagen findet man, daß im protozoenhaltigen Kolben der Inhalt sich anfangs trübt, um später wieder klar zu werden. Der andere Kolben zeigt eine deutliche Trübung, welche auch weiter bestehen bleibt und eher noch mehr zunimmt.

Die Untersuchung der Flüssigkeit weist bei protozoenhaltigem Wasser eine Abnahme der Bakterienzahl und Vermehrung der Protozoen auf. Diese Abnahme der Bakterien kann man nach den bekannten Methoden bestimmen. Im protozoenfreien Kolben hat dagegen eine ungeheure Bakterienvermehrung stattgefunden. — Aus dieser Versuchsanordnung wurde der Schluß gezogen, daß eine solche wasserreinigende Wirkung von jenen Protozoen (meistens Bodonen) ausgeht, die man in den üblichen Gebrauchswässern zu finden pflegt.

Diese Vorstellung fanden die genannten Autoren durch mikroskopische Beobachtung bestätigt; denn es gelang ihnen, die Vertilgung von Bakterien durch Bodonen zu sehen.

Auch für die makroskopische anfängliche Trübung im protozoenhaltigen Kolben fanden Emmerich und Stockvis eine Erklärung. Sie stellten nämlich fest, daß dieselbe auf der bekannten Tatsache beruhte, daß Bakterien in obiger Versuchsanordnung Protozoen überwuchern, jedoch später die letzteren bei genügender Vermehrung

eine nachhaltige Bakterienvertilgung verrichten und auf diese Weise den Kolbeninhalt wieder klären.

Die Beobachtungen von Stockvis konnte Verfasser bestätigen.

Inwieweit diese Tatsachen von hygienischer Bedeutung sind, ist durchaus noch fraglich. Denn einerseits enthalten die Wasserleitungsrohre nach Beobachtungen des Verfassers Protozoen in sehr geringer Menge im Vergleich zur Bakterienanzahl, und andererseits fehlt die zur Anreicherung nötige Zeit, da Leitungswasser nicht stagniert, sondern einem beständigen und raschen Umsatz unterworfen ist.

Sind also vorläufig die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über biologische Eigenschaften tierischer Mikroorganismen im Wasser von mehr theoretischem Interesse als hygienisch-praktischer Verwendbarkeit, so fordern sie doch zu weiteren Forschungen geradezu heraus, und dürften neue Beiträge auf diesem Gebiete jedenfalls nicht unwillkommen sein. —

Da Verfasser sich hauptsächlich mit dem Nachweis von Protozoen im Leitungswasser zu beschäftigen beabsichtigt, so möchte er zu allererst einiges, was in der Literatur über dieses Thema bekannt ist, anführen.

Die Verbreitung von Cholera und Typhusepidemien in den siebziger Jahren veranlaßte die genaue Untersuchung der Brunnenanlagen mancher befallenen Städte.

In München erschien im Jahre 1876 die Arbeit von Harz[6]), welche die Resultate einer methodischen Wasseruntersuchung zahlreicher Brunnenanlagen dieser Stadt auf fremde Lebewesen bringt, worunter sich auch Protozoen befinden. Leider war die Harzsche Versuchsanordnung eine fehlerhafte, da er seine Wasserproben förmlich faulen ließ und an einer stark belichteten Stelle aufstellte, was nicht vorteilhaft für die Entwickelung mancher Organismen ist.

Die Epidemie in Prag vom Jahre 1882 veranlaßte Weydowsky[7]), die Untersuchung der Brunnenanlagen dieser Stadt vorzunehmen, und zwar auf tierische Organismen. Dieser Autor untersuchte auch die Wände und Böden der Brunnen und fand, daß die meisten Protozoen an organischen Resten haftend zu finden sind; nur einige Arten gelangen in das fließende Wasser.

M. Neißer[8]) schließlich erwähnt ebenfalls das Vorkommen von Protozoen im Brunnenwasser, betont aber gleichzeitig, daß eine Infektion desselben leicht durch ein Haar, einen Strohhalm und ähnliche Veruneinigungen stattfinden kann.

---

[6]) Harz: Mikroskopische Untersuchung des Brunnenwassers für hygienische Zwecke. Zeitschrift für Biologie 1876.

[7]) Franz Weydowsky: Tierische Organismen der Brunnenwässer. 1872.

[8]) Max Neißer: Über hygienische Bedeutung des Protozoenbefundes im Wasser. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 22, S. 475.

Verfasser möchte in dieser Hinsicht dem genannten Autor nur beipflichten. In der Tat besteht ein großer Unterschied zwischen gewöhnlichem Brunnenwasser und dem Inhalt moderner städtischer Wasserleitungsröhren, da die Verunreinigungsmöglichkeit des Brunnenwassers ja im allgemeinen eine größere ist.

Die erste Arbeit, welche im Leitungswasser das Vorkommen von Protozoen erwähnt, ist die im Jahre 1885 in Hamburg erschienene Arbeit von Karl Kraepelin[9]). Diese beschränkt sich aber nur auf die Benennung einiger dieser Tiere, wie z. B. Vorticellen, Stentoren uud Paramaecien, ohne sich eingehender mit ihnen zu befassen. — Im Jahre 1905 erscheint in Lima die erste spezielle Protozoenuntersuchung des Leitungswassers von Razzeto[10]). Diese Arbeit enthält eine von ihm erprobte Methode der qualitativen und quantitativen Protozoenbestimmung; auch erwähnt und empfielt er zum erstenmal die Anwendung seines Salatdekoktes.

Der Protozoenbefund im Leitungswasser ist keine neue Entdeckung, da schon vielfach Protozoen in diesem gesehen worden sind; nur hat man sich nicht die Mühe genommen, systematisch alle Arten zu bestimmen, wie Verfasser es auf Anregung des Herrn Geheimrats Professors Dr. Rubner durchgeführt hat.

---

[9]) Karl Kraepelin: Fauna der Hamburger Wasserleitung. 1885.

[10]) Oscar Razzeto (Lima): Analisis protozoico de las aguas de bebida. Boletin del Ministerio de Fomento, Año II, No. 4.

Ich möchte nachdrücklich betonen, daß diese Arbeit nur als Anleitung und Anfang für weitere Untersuchungen in demselben Sinne gelten möchte. Denn meine Versuchsanordnung ist insofern eine beschränkte, als nur das Leitungswasser des früheren Berliner Hygienischen Institutes (Hessische Straße 4) zur Untersuchung gelangte.

Die qualitative Analyse wurde von April bis Dezember 1907 durchgeführt, die quantitative, aus später zu erläuternden Gründen, während eines kürzeren Zeitraums.

Zunächst ist über die qualitative Analyse zu berichten.

Wegen der geringen Individuenzahl, in welcher manche Protozoenarten im Leitungswasser vorkommen, können sie nur durch das Anreicherungsverfahren, ähnlich wie viele Bakterien, nachgewiesen werden. Dazu benutzte ich flüssige Kulturmedien, in welchen die Tiere so viel Nahrung finden, daß ihre Vermehrung rasch stattfinden kann.

Die Hauptnahrung mancher Wasserprotozoen sind nach meiner Ansicht wahrscheinlich Bakterien. Organische Substanzen in Lösung dürften als Lebensbedingungen kaum ausreichend erscheinen. Zu dieser Annahme gelangte ich durch eine von Razzeto persönlich mir vorgeführte Demonstration. Genannter Autor hatte Wasseramöben in Reinkultur (frei von Bakterien) gezüchtet. Wurden diese Amöben in einen sterilen Nährboden gebracht, so nahmen sie allmählich Degenerationsformen an und gingen zugrunde. Wurden

dagegen jene Amöben auf dieselben, aber diesmal außerdem noch mit Bakterien beschickten Nährböden überimpft, so gediehen sie in normaler Weise.

Sehr vorteilhaft zur Erleichterung der Untersuchung und zur Erzielung genauer Resultate ist beim Arbeiten mit flüssigen Medien das sogenannte sterile Verfahren, das auch Schuberg[11]) und C. O. Miller[12]) loben.

Das Laboratoriumszimmer des Verfassers war ein für ihn reservierter, in sich abgeschlossener Raum, der jedenfalls nicht Durchgangszwecken diente. In diesem Abteil stellte ich zunächst, um die Möglichkeit einer Protozoeninfektion durch die Luft zu prüfen, offene Nährböden auf. Es wuchsen auf denselben Bakterien, aber keine Protozoen. Dadurch wurde eine frühere Behauptung Beijerincks[13]) gestützt.

Als Nährboden benutzte ich für diese in ihrer Nahrung anspruchslosen Tiere verschiedene Dekokte, wie Heu, Erbsen, Stroh und Salat, und bin schließlich zur Auffassung gelangt, daß der von Razzeto empfohlene Salatnährboden den großen Vorteil hat, daß in ihm die Protozoen durch die Bakterien nicht so stark wie bei den anderen Nährböden überwuchert werden, was die Untersuchung erleichtert.

---

[11]) Schuberg: Sterile Arbeiten bei Protozoenuntersuchung. Zentralblatt für Bakteriologie, Bd. XIII, S. 669.

[12]) C. O. Miller: Zentralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, S. 273.

[13]) Beijerinck: Zentralblatt für Bakteriologie, Bd. XV, S. 10.

Im Salatdekokt treten zwar sämtliche Protozoenarten langsamer hervor als beim Heu- oder Strohdekokt, wo fast alle Arten, begleitet von einer sehr großen Bakterienmenge, gleichzeitig erscheinen, anderseits aber bietet das langsame und nacheinander erfolgende Auftreten von Protozoen den Vorteil, daß zeitweise eine Spezies überwiegt, und diese durch Überimpfen isoliert und genau beobachtet werden kann.

Das Verschwinden und Auftreten der verschiedenen Arten hängt wahrscheinlich mit dem Vorkommen von Stoffwechselprodukten in der Kulturflüssigkeit zusammen. Solche Stoffwechselprodukte wirken offenbar schädlich auf Protozoen. Amöben und Colpoda cucullus z. B. hielten sich im Originalkolben in vegetativer Form nur drei bis vier Tage trotz Anwesenheit von Bakterien; dann encystierten sie sich. Diesen Vorgang konnte man aber verhindern, indem man sie vor Ablauf dieser Zeit in Röhrchen mit Salatdekokt überimpfte und von diesen wieder auf andere Salatröhrchen. Dies beweist uns außerdem, daß das Leben dieser Tiere nicht nur von anwesenden Bakterien, sondern auch von Stoffwechselprodukten in den Kulturmedien beeinflußt wird.

Bei Anwendung des Salatdekokts vergeht eine gewisse Zeit, bis die Protozoenarten mit dem Mikroskop sichtbar werden. Der Grund für diese Erscheinung dürfte darin zu suchen sein, daß die Protozoen einerseits an Zahl im Leitungswasser sehr gering sind, anderseits

im Kolben durch andere Protozoenstämme und Bakterien überwuchert werden.

In wenigen Worten sei hier etwas über die Technik, die angewandt wurde, erwähnt.

1. Darstellung des Salatdekoktes.

30 bis 50 Gramm (eine gute Hand voll) Salatblätter, von ihrer zentralen Nervatur befreit, werden in einem Erlenmeyer-Literkolben mit 1 Liter Leitungswasser versetzt; der Kolben wird mittels eines Wattepfropfens verschlossen und in den Dampftopf so lange gestellt, bis die Blätter sich auf dem Boden des Gefässes absetzen (2 Stunden.) Die darüber befindliche Flüssigkeit hat eine gelbbraune Farbe, reagiert mit Lackmus neutral, hat einen angenehm süßlichen Geruch und ist ganz klar, so daß man sie je nach dem Zweck in Reagensröhrchen oder in größeren Erlenmeyer-Kolben — in letztere in Mengen von 200 bis 300 ccm — ohne zu filtrieren, abgießen kann. Sämtliche Gefäße werden, nachdem sie mit einem Wattepfropfen verschlossen worden sind, sterilisiert, ebenso auch die zurückgebliebenen Salatblätter.

2. Probeentnahme.

Fünf Minuten vor der Probeentnahme aus der Wasserleitung wird der Hahn ganz aufgedreht; dann werden die oben erwähnten Kolben mit 1 Liter Leitungs-

wasser angefüllt. (Mit den zurückgebliebenen Salatblättern, welche eine Menge weicher organischer Substanz repräsentieren, die für das Protozoenwachstum förderlich ist, verfährt man ebenso.) Zweimal wöchentlich entnahm ich aus der Leitung zwei Liter Wasser. Um das Protozoenwachstum zu befördern, wurden die Kolben bei Zimmertemperatur (18° bis 20°) an einer gut belichteten aber nicht direkt den Sonnenstrahlen ausgesetzten Stelle des Arbeitszimmers aufgestellt, welche gleichzeitig leicht zugänglich ist, um die Probeentnahme für die mikroskopische Untersuchung, ohne den Kolben zu bewegen, vornehmen zu können.

Die Vermehrung der Protozoen ist nach drei bis vier Tagen so weit vorgeschritten, daß man die ersten Proben mit der ausgeglühten Platinöse entnehmen kann, und zwar so, indem man kleine Teile des dünnen Schleiers, welcher sich auf der Flüssigkeitsoberfläche bildet, abstreift. — Fast immer waren es Flagellaten, die zuerst auftraten, ein Zeichen, wie diese Gruppe überhaupt in unserem Leitungswasser am zahlreichsten auftritt.

Vom 4. bis 20. Tage untersuchte ich mikroskopisch fast täglich mehrere Proben aus den verschiedenen Kolben, und beim Erscheinen einer neuen Art überimpfte ich Proben in andere Reagensröhrchen mit Salatdekokt, um diese neuen Arten zu isolieren und zu bestimmen.

3. Die Artenbestimmung.[14])

Die mikroskopische Untersuchung wurde stets im hängenden Tropfen gemacht, weil man die Bewegungen der Tiere dort am besten beobachten und daraus fast unmittelbar die Gruppenangehörigkeit einer Protozoenart bestimmen kann. Ebenfalls kann man Sitz und Zahl der Vakuolen und bei geeigneter Beleuchtung des Objektes den Kern, die Cilien und Wimperreihen sehen. Durch Neutralrotverfütterung und Zusatz einer 60 proz. Gummiarabikum-Lösung kann man bei raschbeweglichen Tieren die Verdauungsorgane auffinden und den Verdauungsvorgang beobachten.

Um eventuell später die Tiere zu färben, fixierte ich am besten mit schwachen Osmiumsäuredämpfen in der Weise, daß das Glas (Objektträger oder Deckglas) mit dem Probetropfen über den Hals der Flasche umgekippt wurde, so daß der Tropfen frei in den Hals der Flasche hineinhiug. Aber nicht alle Protozoen konnten auf diese Weise fixiert werden, da sie stark zusammenschrumpften oder platzten, wie z. B. bei Lionotus fasciola; man kann dann Sublimat oder eine schwache Jod-Jodkaliumlösung anwenden.

Die Färbung gelingt bei diesen Tieren ziemlich schwer, da fast jede Art sich anders gegenüber den Farbstoffen verhält, und man, um zu einer guten Färbung

---

[14]) Blochmann: Protozoen des Süßwassers.

zu gelangen, verschiedene Zeiten und Konzentrationen ausprobieren muß.

Die Geißel- und Wimperfärbung gelingt sehr gut, indem man Ziehlsche Lösung unter dem Deckglas durchsaugt.

Ergebnis der qualitativen Analyse.

Die Beschreibung der in dem Leitungswasser des Hygienischen Institutes gefundenen Protozoen findet man genau in den betreffenden Büchern, so daß Verfasser sich mit der Aufzählung der verschiedenen Arten nach ihrer Gruppenordnung begnügen will.

I. Rhizopoden.

Amoeba verrucosa,
Hyalodiscus limax,
Amoeba radiosa.

II. Flagellaten.

Monas obliqua,
Oikomonas termo,
Bodo saltans,
Bodo globosus,
Bodo ovatus.

III. Ciliaten.

Glaucoma scintillans,
Glaucoma pyriformis,

Lionotus fasciola,
Cyclidium glaucoma,
Colpoda cucullus,
Chilodon uncinatus.

Erwähnt sei, daß diese Tiere nicht in jedem Probekolben zu finden waren, woraus man ungefähr schließen kann, in welcher geringen Individuenzahl einige Arten auftreten.

Quantitative Analyse.

Die quantitative Analyse setzt die qualitative voraus, aus Gründen, welche später ersichtlich sein werden. Nur kurze Zeit hat Verfasser dieselbe angestellt, da es ihm hauptsächlich nur darauf ankam, die praktische Seite der von Razzeto angegebenen Methode aufzufinden. Leider muß man sagen, daß diese Methode Zeit und Geduld erfordert, um zu einem genauen Resultat zu gelangen. Die Versuche sind leicht anzustellen, auch die Berechnung ist leicht, aber ob sie genau und praktisch ist, wird man erst sagen können, wenn weitere Erfahrungen zur Verfügung stehen. Es handelt sich bei der quantitativen Protozoenuntersuchung nur um die Zählung der auftretenden Arten, und zwar nach folgendem Prinzip.

Mit allen sterilen Kautelen wie bei der bakteriologischen Untersuchung werden in einem Erlenmeyer-Kölbchen etwa 200 ccm Leitungswasser aufgefangen.

Nach kräftigem Schütteln desselben, um eine gleichmäßige Verteilung der Lebewesen zu bewirken, werden sofort mittels einer sterilen Pipette je 10 ccm Wasser in 10 Reagensröhrchen mit etwa 5 ccm Salatdekokt verimpft. In der Zwischenzeit während der Probenentnahme muß immer wieder kräftig geschüttelt werden, damit die Verteilung der Lebewesen im Wasser eine möglichst gleichmäßige ist. Nun stellt man diese Röhrchen unter den schon erwähnten günstigen äußeren Bedingungen für die Protozoenvermehrung auf und untersucht sie vom 3. bis 12. Tage. Man merkt sich nun die Röhrchen, in welchen Protozoen vorkommen, ebenso wie die Namen der erschienenen Arten. Verfasser stellte zu diesem Zwecke Tabellen auf, wie er unten einige anführt.

Nehmen wir den günstigen Fall an, daß nach der letzten Untersuchung 6 Röhrchen Protozoen enthalten, und zwar jedes eine Art, welche nicht verschieden von der eines anderen Röhrchens zu sein braucht, und 4 Röhrchen protozoenfrei sind (was die Annahme stützt, daß in jedes beschickte Röhrchen eine Protozoenart verimpft worden sei), so kommen wir durch einfache rechnerische Betrachtung zu dem Ergebnis, daß in 100 ccm 6 Protozoen sind, folglich in 1000 ccm 60.

Kommen zufällig in einem Röhrchen von diesen 6 zwei Arten vor, so zählt man jede dieser Arten für sich und sagt, in 100 ccm Wasser findet man 7 Protozoen.

Das erste, was man also für eine quantitative Protozoenzählung zu bestimmen hat, ist die Menge Kubik-

zentimeter Wasser, die man nötig hat, damit von 10 Salatröhrchen eine Anzahl steril bleibt und eine Anzahl Protozoen aufweist.

Diese wechselt an verschiedenen Stellen der Probeentnahme.

Durch Aufstellen von 3 Reihen von Röhrchen mit 5, 10 und 20 ccm Wasser kann die Lösung erleichtert werden.

Will man genauer die Anzahl von Protozoen pro Liter berechnen, so genügt es, eine größere Anzahl Röhrchen zu nehmen, wodurch die Fehlerquellen geringer werden.

Verfasser möchte nun eine Tabelle angeben, welche sich häufig bei der quantitativen Wasseranalyse annähernd gleichmäßig wiederholte.

Diese war folgende, und zwar bei einer viel benützten Leitungsröhre:

Am 9. März 1909 wurden 10 Röhrchen mit 5 ccm Leitungswasser verimpft;

Röhrchen	12. III.	16. III.	20. III.[15])
Nr. 1	—	+	+
2	+	+	+
3	+	+	+
4	—	—	—

[15]) Jedes Kreuz (+) bedeutet eine Protozoenart, jeder Strich (—) Fehlen von Protozoen.

Röhrchen	12. III.	16. III.	20. III.
5	+	+	+
6	+	+	+
7	+	+	+
8	—	—	—
9	—	—	—
10	—	—	—

Ergebnis: 100 P : 1000 ccm H_2O.

Dies war auch annähernd das Resultat der quantitativen Protozoenanalyse für das Hygienische Institut, wo die Anzahl Protozoen pro Liter zwischen 100 und 140 schwankt.

Die Menge Wasser, die man dabei zu verimpfen hatte, schwankte für die verschiedenen im Gebrauch stehenden Wasserhähne zwischen 5 und 10 ccm.

Man muß immer besonders am Anfang einer Tabelle erwähnen, daß die Röhren im Gebrauch stehen oder nicht, weil die Menge der Protozoen schon innerhalb 24 Stunden steigt, wenn man einen Wasserhahn unbenutzt läßt, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist.

Die Röhre, mit welcher der vorige Versuch angestellt wurde, blieb 36 Stunden unbenutzt, und Verfasser erhielt als Resultat der letzten Untersuchung nach 11 Tagen folgendes:

5 ccm Wasser in 10 Röhrchen wurden verimpft.

Röhrchen Nr. 1 +
2 +

Röhrchen Nr. 3 —
4 + +
5 +
6 +
7 +
8 +
9 + +
10 +

Ergebnis: 220 P : 1000 ccm H_2O.

Schließlich stellte Verfasser noch den Versuch mit einer fast niemals benutzten Röhre an, indem er aufs Geratewohl nur 3 ccm pro Röhrchen verimpfte mit folgendem Ergebnis nach 12 Tagen:

Röhrchen Nr. 1 + + +
2 + +
3 + +
4 + +
5 + + +
6 +
7 + +
8 + + +
9 + + +
10 + +

Ergebnis: ca. 700 P : 1000 ccm H_2O.

Verfasser möchte nun durch einige hypothetische Worte kurz die Herkunft der Protozoen im Leitungswasser erläutern.

Aus den beiden letzten Tabellen der quantitativen Analyse gilt für uns fast unmittelbar als Herkunftsort der Protozoen im Leitungswasser die Leitungsröhre und überhaupt das ganze zuführende Kanalsystem selbst.

Es ist ja leicht erklärlich, in welcher Weise dies stattfinden kann; es können z. B. beim Bau einer Röhrenanlage Erdpartikel hineingelangen, welche, vom fließenden Wasser verschleppt, an irgendeiner Teilungs- oder Umbiegungsstelle der Röhren wie ein Embolus stecken bleiben. Mit den Erdpartikeln gelangen Protozoen, ihre Cysten und auch weitere korpuskuläre Bestandteile in das Wasser, welche für die Vermehrung der Protozoen förderlich sind, wie Bakterien und organische Substanzen, und es bildet sich auf diese Weise ein Protozoennest. Daß diese wahrscheinlich existieren, beweist die Konstanz, in welcher die Arten in einer und derselben Leitungsröhre vorkommen, außerdem, wie erwähnt, die quantitative Analyse.

Auch auf retrogradem Wege können die Leitungsröhren, wie Kolkwitz[16]) für größere Wassermassen und

---

[16]) Kolkwitz: Biologie der Sickerwasserhöhlen, Quellen und Brunnen. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Nr. 37.

Kanäle erwähnt, mit Protozoen infiziert werden, und zwar von der Hahnöffnung oder irgendeiner anderen Kommunikation mit der Außenwelt aus. Dabei gelangt auch wieder das nötige Material zur Bildung von Nestern oder einer organisierten Schleimschicht, wo Protozoen sehr gut gedeihen können, hinein.

Schließlich durch Verbindung eines alten und eines neuen Kanalsystems kann eine Art Mischinfektion stattfinden.

So sind wohl die Leitungsröhre und das Kanalsystem als Hauptbrutstätten der Protozoen im Leitungswasser anzusehen, daneben aber sind noch andere Einschleppungs-Möglichkeiten ins Auge zu fassen.

Da wären noch die Filteranlagen und die Wasserquellen zu erwähnen. — Was die Filteranlagen anlangt, so haben Biffi[17]) und Razzeto gemeinschaftlich bewiesen, daß unsere besten künstlichen Filter größere Poren und Öffnungen aufweisen, durch welche Protozoen durchdringen können.

Solche Undichtigkeiten sind bei der Sandfiltration auch möglich, und als Verfasser im Juli 1907 plötzlich durch das Vorkommen von Paramaecium caudatum in 2 Kolben, deren Probeentnahme fast gleichzeitig gemacht war, überrascht wurde, mußte er an eine solche Möglichkeit denken. Diese Tiere sind dann nie wieder er-

---

[17]) U. Biffi e O. Razzeto: Archivio de Biologia normal et patologica LXI, Focc. I, II. Gennais, Aprile 1907.

schienen, so daß er sie nicht unter die Lebewesen in der qualitativen Analyse einreihen konnte.

Inwieweit die Wasserquelle in Betracht kommt, möchte Verfasser durch einige Versuche erläutern, welche zwar nicht eine unmittelbare Lösung der Frage ergeben, aber uns derselben nahebringen.

Razzeto fand, daß in Callao (Hafen in Peru) Grundwasser unterhalb 2 m protozoenfrei ist.

Verfasser untersuchte zwar nicht das Grundwasser, aber die darüberliegenden Erdschichten auf Protozoen, eine Aufgabe, die ihm Geheimrat Rubner gestellt hatte, und zwar in dem Sinne, daß er nachforschen sollte, in welcher Tiefe unter der Erdoberfläche man noch Protozoen finden könnte.

Unter allen sterilen Kautelen wurden Bodenproben entnommen, und zwar an zwei verschiedenen Orten von verschiedener Bodenbeschaffenheit.

Die ersten wurden aus dem Garten des Instituts, einer früheren Kirchhofsanlage, bis zur Tiefe von 220 cm entnommen.

Protozoen hat Verfasser bis zu dieser Tiefe auch nachweisen können, was leicht begreiflich ist, da durch das Umrühren des Bodens die verschiedenen Schichten durcheinandergemischt und Wesen von der Oberfläche in die Tiefe verschleppt wurden.

Die Proben des zweiten Versuches stammten von Schildow bei Berlin, aus der Wand einer neuen Schachtbrunnenanlage.

Hier wurden dieselben bis zur Tiefe von 320 cm entnommen, ohne dabei Grundwasser erreicht zu haben. Der Boden bestand an der Oberfläche aus feinem Sand, welcher in den tieferen Schichten immer gröber wurde, bis er die Größe von kleinem Kies erreichte. Die Proben wurden unter denselben Bedingungen wie die vorhergehenden gestellt, und es stellte sich heraus, daß die Protozoenfauna zwischen 80 und 100 cm aufhört. Wahrscheinlich hängt dies damit zusammen, daß der Boden in Schildow niemals umgerührt worden, ist und der Boden als Filter fungierte.

Indirekt könnte man hieraus den Schluß ziehen, daß das Grundwasser unter 150 cm von der Erdoberfläche, unter den Bedingungen wie in Schildow, protozoenfrei ist.

Vom Seewasser braucht Verfasser nichts Näheres zu sagen, da sein Protozoenreichtum bekannt ist.

Welche Rolle die Protozoen im Leitungswasser spielen, und welchen Zweck eine Protozoenanalyse hat, ist noch nicht vorauszusagen, da noch viele Punkte einer Erklärung bedürfen.

Ob hier wie bei den anderen Gewässern der Erdoberfläche die Einteilung in Oligo-, Meso- und Polysaproben gelten kann, wird nur die Zukunft lehren.

Ob die Protozoen als Röhrenreiniger im Sinne von Emmerich und Stockvis aufzufassen sind, oder im Gegenteil beim Ablösen von der Röhrenwand, sei es in

ihrem Körper eingeschlossen, oder an ihrem Körper haftend, Bakterien und Verunreinigungen in das fließende Leitungswasser gelangen, auch diese interessanten und wichtigen Fragen harren noch der Lösung.

Zum Schluß seiner Arbeit erlaubt sich Verfasser, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Rubner für die Erlaubnis, in seinem Institute arbeiten zu dürfen, sowie ferner Herrn Prof. Dr. Ficker für seine stets bereitwillige und liebenswürdige Beratung bei Abfassung seiner Arbeit ehrerbietigsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Alfred Jacoby, geboren zu Lima (Peru) am 29. Dezember 1885, Sohn des Großkaufmanns Sigmund Jakoby, freireligiös erzogen, besuchte in Lima eine Privatschule unter der Leitung eines deutschen Direktors, Dr. Karl Leicher, vom Jahre 1891 bis 1902.

Auf Grund seiner Schulzeugnisse wurde er in die Medizinische Fakultät immatrikuliert und kam im selben Jahre nach Deutschland, wo er im Wintersemester 1902/03 in Freiburg (Breisgau) immatrikuliert wurde.

Im Juli 1904 legte er in Karlsruhe die Reifeprüfung an dem dortigen Realgymnasium ab. Im März 1906 bestand er die Vorprüfung für das medizinische Staatsexamen, kam darauf nach Berlin, wo er vom Sommersemester 1906 bis Wintersemester 1908 seine klinische Ausbildung empfing. Im Wintersemester 1908/09 bestand er sein Staatsexamen und befindet sich als zurzeit Medizinalpraktikant im Krankenhaus im Friedrichshain auf der zweiten Inneren Abteilung unter der Leitung des Herrn Professors Dr. Krönig.

Seine Lehrer waren die Universitätsprofessoren:

Herren Bumm, Clemens, Fränkel, Gaupp, Greeff, Heubner, Hildebrand, Hildebrandt, Himstedt, Keibel, Kiliani, Kries, Kraus, Lesser, Lewin, Meyer, Olshausen, Orth, Passow, Pick, Rubner, Senator, Stoeckel, Waldeyer, Weismann, Wiedersheim, Ziegler, Ziehen, denen Verfasser seinen ehrerbietigsten Dank ausspricht.